

성에제거 덕트 입구 가이드베인 형상이 노즐출구 유량분포특성에 미치는 영향

김 덕 진¹⁾ · 이 지 근^{*2)}

자동차부품연구원¹⁾ · 전북대학교 기계항공시스템공학부²⁾

Effects of an Inlet Guide Vane on the Flowrate Distribution Characteristics of the Nozzle Exit in a Defrost Duct System

Duckjin Kim¹⁾ · Jeekeun Lee^{*2)}

¹⁾Korea Automotive Technology Institute, 74 Yongjeong-ri, Pungse-myeon, Cheonan-si, Chungnam 330-912, Korea

²⁾Division of Aerospace and Mechanical System Engineering, Chonbuk National University, RCIT,
Jeonbuk 561-756, Korea

(Received 22 October 2007 / Accepted 11 February 2008)

Abstract : Effects of the duct inlet guide vane on the flowrate distribution characteristics of the defroster nozzle exit in a defrost duct system were investigated experimentally to design the optimum heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system applied in an automotive compartment. A 3-dimensional hot-wire anemometer system was used to measure the velocity field in the vicinity of the defroster nozzle jet flow and the velocity distributions near the windshield interior surface. At first, two cases of with- and without-duct inlet guide vanes were considered as the test condition, and then three cases of the duct inlet guide vane were tested to determine the optimum guide vane shape and their positions. The arrangement of the duct inlet guide vanes has an effect on the improved flowrate distribution at the defroster nozzle exit and near the windshield interior surface. However, the application of the lots of guide vane to control the flow direction leads to increase the flow resistance, resulting in the decreased flowrate issuing from the defroster nozzle. The shape of the duct inlet guide vane affects not only the flowrate distribution between the driver side and the assistant driver side but also the reduction of the flow resistance in the defrost duct system.

Key words : Defrost duct(성에제거 덕트), Windshield(윈드쉴드), Duct inlet guide vane(덕트입구 안내깃)

1. 서 론

자동차 공기조화장치는 흡입공기의 온도, 습도, 유동 등을 제어하여 안전하고 쾌적한 차실내 조건을 확보하려는데 목적을 두고 있다. 차량 내부로 유입되는 공기는 정화장치, 열교환기 및 공기조화장치를 거치며, 외부흡입 또는 실내순환 모드에 따라 서로 다른 덕트를 통해 실내로 유입되어 안전주행

및 쾌적성을 유지하게 된다. 특히 겨울철에는 앞 유리창에 성에 또는 얼음이 형성되어 안전운전에 영향을 끼치므로 주요 선진국에서는 자동차의 제상성능을 법적(MVSS103 미국 인증, ECC 유럽 인증 등)으로 규제하여 차량 시동 후 일정시간 이내에 윈드쉴드의 정해진 영역의 성에제거를 의무화하고 있다. MVSS103 인증에서는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 일정량의 물을 윈드쉴드에 분무한 후 -20°C에서 30~40분간 방치하여 성에를 생성한 후, 전체 윈드쉴

*Corresponding author, E-mail: leejk@chonbuk.ac.kr

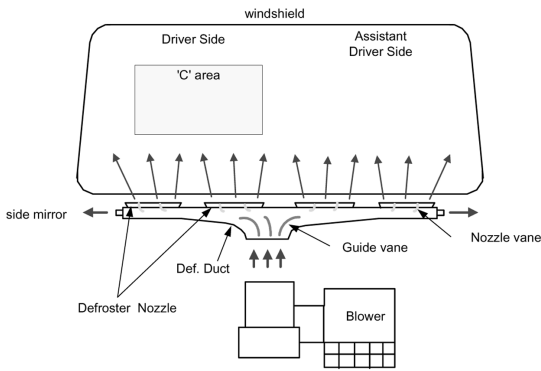


Fig. 1 Schematics of windshield defrost duct system

드의 1/6에 해당하는 운전석의 시계 확보영역을 의미하는 “C” 영역이 20분 이내에 80%, 그리고 윈드셸드 상하부분을 제외한 전체 윈드셸드의 2/3에 해당하는 영역이 45분 이내에 95% 이상 제거되도록 규정하고 있다. 또한 SAE Standards¹⁻³⁾에서도 이와 유사한 윈드셸드 성에제거 성능을 요구하고 있다.

가혹한 날씨 환경에서 운전자의 시계성을 저해하는 것으로는 다음과 같은 것들이 있다. 이슬점 온도(1.6°C) 이하에서 윈드셸드 표면에 물이 응축되는 안개(fog), 맑은 날 저녁 -12°C 이하에서 윈드셸드 바깥 표면에 습기가 얼거나 승객의 호흡에 의해 안쪽면에 흰색얼음(white ice) 형태를 띠는 성에(frost), 0°C 이하의 상태에서 윈드셸드 바깥 표면에 진눈깨비(또는 비)가 얼어붙는 투명한 얼음(clear ice) 형태 등이 있다.

자동차의 경우 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 히터에 의해 데워진 공기를 디프로스트 덕트 시스템을 통해 윈드셸드와 앞도어(front door) 유리창에 분사시켜 성에를 제거시킴으로써 시야를 확보하도록 하고 있다. 따라서 성에제거는 상품성 증대, 실내공간의 시계성 확보 및 수출법규 대응 측면에서 중요한 문제로 부각되고 있어 이에 대한 많은 연구가 수행되고 있다.

Hur and Cho⁴⁾는 차실내 유동장을 3차원으로 모델링 한 후 전산해석을 수행하고 동일한 기하학적 형상의 유동모델에 대한 실험결과⁵⁾와 비교·분석하였다. 그들은 해석적 연구를 통하여 정상상태 실내유동해석으로부터 시간에 따른 성에제거영역의 변화를 간단히 예측할 수 있는 새로운 방법을 제시

하였다. Park⁵⁾ 등은 뜨거운 공기가 디프로스트 노즐을 통해 방출될 때 차실내 유동 및 온도분포를 조사하기 위해 디프로스트 모드에서 차실내 및 윈드셸드의 온도 및 속도분포 등을 해석적 방법을 이용하여 조사하였다. 그들은 노즐로부터 방출된 빠른 속도를 갖는 공기는 윈드셸드를 따라 유동하며 차실내 천정에 충돌한 후 재순환 유동장을 형성함을 보인 바 있다. Kang⁶⁾ 등은 자동차 전면유리의 제상 및 제습성능에 영향을 미치는 제어인자들의 최적변수에 대한 성능분석을 상용프로그램을 이용하여 3차원 비정상 모델에 대하여 해석을 수행하였다. Bae⁷⁾ 등은 디프로스트 노즐 내부 및 토출구의 유동을 수치적으로 해석하고 성에제거를 위해 요구되는 유량과 유속을 산출하기 위한 가이드베인의 개수 및 노즐위치에 대한 영향을 조사한 바가 있다. Lee⁹⁾ 등은 성에제거 형태와 소요시간을 모사하기 위하여 열전달과 엔탈피방법을 결합하여 비정상 윈드셸드 성에제거특성을 해석적 방법을 이용하여 고찰하고 실험결과와 비교하였다. 이러한 연구를 포함한 지금까지 수행된 연구의 대부분은 해석적 방법의 의한 것으로 실험적 연구결과¹⁰⁾가 매우 드물게 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 상용차에 적용되는 디프로스트 덕트 입구 가이드베인의 형상에 따른 유동특성을 실험적으로 구명하고 유동형태를 가시화함으로써 최적의 성능을 갖는 덕트형상을 제시하고자 하였다. 특히 디프로스트 노즐로 방출되는 유량분배특성을 조사하기 위해 입구 가이드베인의 영향을 중점적으로 조사하였다.

2. 실험장치 및 측정방법

2.1 실험장치

실험에 이용된 디프로스트 덕트 시스템의 전반적인 개략도는 Fig. 2와 같다. 블로어로부터 공기가 공급되는 덕트입구는 174 mm × 66 mm의 크기를 가지고 있으며, 윈드셸드에 공기를 분사하기 위한 디프로스트 노즐은 운전석 쪽에 2개, 조수석 쪽에 2개씩 총 4개가 설치되어 있다. 또한 측면거울(sideview mirror) 쪽으로 공기를 공급하기 위한 연결 통로가 각각 1개씩 설치되어 있다. 이때 운전석을 왼쪽(left

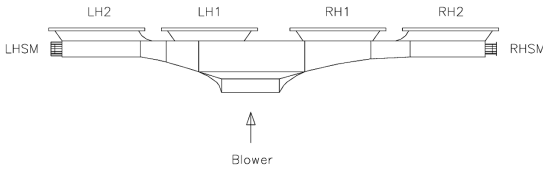


Fig. 2 Outline of defrost duct and defrost nozzle position

hand side) 그리고 조수석을 오른쪽(right hand side)으로 설정하였으며, 덕트 입구를 중심으로 운전석에 있는 노즐을 LH1, LH2, 그리고 조수석에 있는 노즐을 RH1, RH2로 정의하였다. 각 노즐의 출구는 290 mm × 12 mm로 동일하지만 노즐과 덕트가 연결되는 부분은 LH2 (230 mm × 8 mm), LH1 (250 mm × 8 mm), RH1 (250 mm × 8 mm), RH2 (230 mm × 8 mm)로 되어 있다. 또한 디프로스트 덕트 입구의 중심은 운전석 쪽으로 50 mm 편심되어 설치되어 있다. 이것은 블로어를 설치하기 위한 차실내공간의 제약에 따른 것으로 디프로스트 덕트의 유량분배특성에 영향을 끼칠 것으로 보인다. 덕트 입구에는 운전석과 조수석의 균일유량분배를 위한 가이드베인이 디프로스트 노즐의 위치를 고려하여 설치되어 있다. 디프로스트 노즐출구에는 분류의 방향제어를 위한 안내깃이 2개씩 설치되어 있다.

디프로스트 덕트 입구 가이드베인의 형상이 변화하면 운전석과 조수석의 유량분배 특성이 달라질 뿐만 아니라 덕트 전체의 유동저항이 변화한다. 결과적으로 각 디프로스트 노즐로 방출되는 유량이 달라지므로, 노즐 출구의 유량분포를 측정하여 입구 가이드베인이 유량분포 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

실험에 사용된 디프로스트 덕트 입구 가이드베인의 형상 및 각 베인의 일련번호를 Fig. 3에 나타내었다. 여기서 LHGV #1은 운전석 가이드베인 1번을 의미하며, RHGV #1은 조수석 가이드베인 1번을 의미한다. 여기서 LHGV #0과 RHGV #0은 운전석과 조수석의 유량분배특성 향상을 위해 그리고 나머지 가이드베인은 디프로스트 노즐 사이의 유량분배특성 향상을 위해 설치된 것이다.

실험은 먼저 가이드베인의 효과를 검증하기 위해 Table 1에 나타난 바와 같이 가이드베인이 설치되지 않은 Case 0에 대해 수행하고, 그 결과를 가이드베

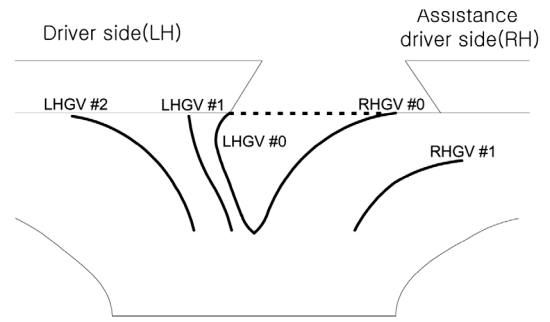


Fig. 3 Defrost duct inlet guide vane shape and definition of guide vane number

Table 1 List of guide vane modification

Guide vane	Modification				
	LHGV #2	LHGV #1	LHGV #0	RHGV #0	RHGV #1
Case 0	None	None	None	None	None
Case 1	O	O	O	O	None
Case 2	O	None	O	O	None
Case 3	O	O	O	O	O

Test Section (Wind-Shield Defroster System)

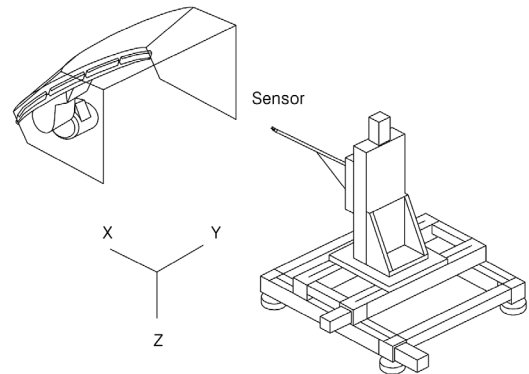


Fig. 4 Experimental setup for measuring velocity distributions

인이 설치된 경우에 해당하는 Case 1의 결과와 비교 하였다. 또한 가이드베인의 형상을 Case 2와 3으로 변경시켜 가면서 가이드베인 형상이 유량분배특성에 미치는 영향을 조사하였다. 여기서 Case 2 및 3은 유동손실 저감 및 방향제어를 위해 가이드베인의 수를 조절 한 경우에 해당되며, Table 1에 표시된 O는 해당 가이드베인이 설치된 경우를 나타낸다.

2.2 측정방법

디프로스트 노즐 출구 및 윈드셸드 면에 형성되는 유동장의 유속측정을 위한 실험장치의 전반적인 개략도를 Fig. 4에 나타내었다.

실험장치는 5톤 상용차에 사용되는 블로어, 디프로스트 덕트 시스템 및 윈드셸드로 구성된 측정장치부, 디프로스트 노즐 출구 및 윈드셸드 면의 속도측정을 위한 열선유속계시스템과 이송장치부, 열선프로브로부터의 신호를 처리하고 각종 계기를 제어하는 신호처리 및 제어부로 구성되어 있다. 여기서 윈드셸드는 차량 탑승부로부터 분리되어 있어 차량 탑승부에 의한 효과는 고려되지 않았다.

블로어 및 디프로스트 노즐 출구, 윈드셸드 면의 속도 측정은 3차원 열선유속계(IFA100, Tsi) 시스템을 이용하였다. 신호처리는 LabVIEW(National Instrument Co.)를 이용하여 작성된 데이터획득 프로그램을 이용하였다. 측정점의 위치변경은 컴퓨터에 의해 제어되는 3차원 자동이송장치(Dantec Co.)를 이용하였다. 측정을 위해 설정된 좌표축은 윈드셸드 면에서 디프로스트 덕트의 길이방향을 Y방향으로, 수직인 방향을 X방향으로 그리고 윈드셸드 면에 수직인 방향을 Z방향으로 설정하였다.

윈드셸드 면의 속도분포에 영향을 미치는 인자로는 디프로스트 노즐과 윈드셸드의 거리, 디프로스트 노즐로부터 분사된 공기가 윈드셸드 면에 충돌하기까지의 거리 및 충돌각 등이 있으며, 이러한 인자는 윈드셸드의 성에제거 시간에 영향을 끼치게 된다. 본 연구에서 디프로스트 노즐과 윈드셸드의 설치위치는 윈드셸드 면에 따라(Y방향) 다르며, 중심 부분(왼쪽 그림)과 양끝 부분(오른쪽 그림)의 설치위치는 Fig. 5와 같다.

그러나 노즐은 윈드셸드에 수직인 면에 대해 동일하게 67.13°의 기울기를 갖고 설치되어 있다. 블로어 출구, 디프로스트 노즐 출구 및 윈드셸드 면의 유속측정은 블로어에 일정한 전원(24 V, 10 A)을 공급한 상태에서 수행하였으며, 블로어를 디프로스트 덕트 시스템에 연결하였을 경우에도 입력조건을 변화시키지 않았다. 따라서 블로어로부터 공급되는 유량은 디프로스트 덕트 시스템의 형상에 따라 변화하게 된다. 블로어의 유속분포는 블로어 출구단

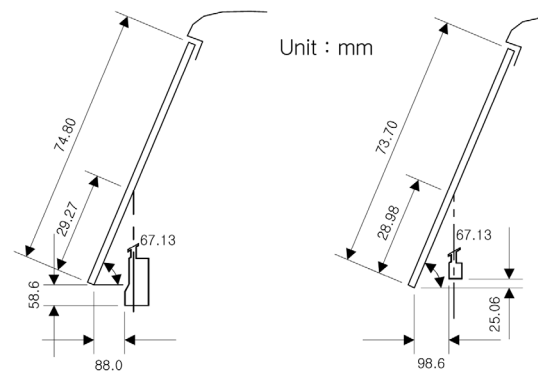


Fig. 5 Positions of windshield and defroster nozzle

면에 수직인 축방향 속도를 측정하였으며, 측정된 축방향 속도를 보간 한 후 Simpson's 3/8 Rule을 이용하여 블로어로부터 방출되는 유량을 계산하였다. 디프로스트 노즐에 의해 형성된 윈드셸드 면의 유동장은 X 및 Y 방향으로 50 mm간격씩 총 768점을 측정하여 측정점에서 속도벡터와 윈드셸드 면의 등속도분포선도 등을 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 디프로스트 덕트입구 속도분포

디프로스트 덕트의 유량분배특성을 파악하기 위해서는 입구조건에 해당하는 디프로스트 덕트 입구와 연결되는 조절상자(블로어 출구와 연결되어 외기, 내기, 냉·난방 등을 조절하는 장치)의 출구 속도분포 및 유량을 알아야 한다.

Fig. 6은 조절상자의 출구단면에 수직인 축방향 속도분포의 등속도분포선도의 3차원 구조 및 2차원 선도를 나타낸 것이다. 속도분포를 살펴보면, 조절상자 출구단면의 길이방향(Y 방향)으로 대칭구조의 분포를 나타내고 있다. 그러나 두께방향(Z 방향)으로는 대칭구조를 나타내지 않고 윈드셸드 면에 가까운 쪽에서 높은 축방향 속도분포를 나타내고 있다. 이러한 현상은 조절상자 출구부분에 냉난방을 위한 방향조절밸브가 곡관 형태로 설치되어 있어, 이 부분을 지나는 공기가 원심력에 의해 윈드셸드 쪽으로 치우쳤기 때문으로 판단된다.

한편, 이와 같은 조절상자 출구속도분포는 디프로스트 덕트의 입구조건으로 생각할 수 있다. 따라

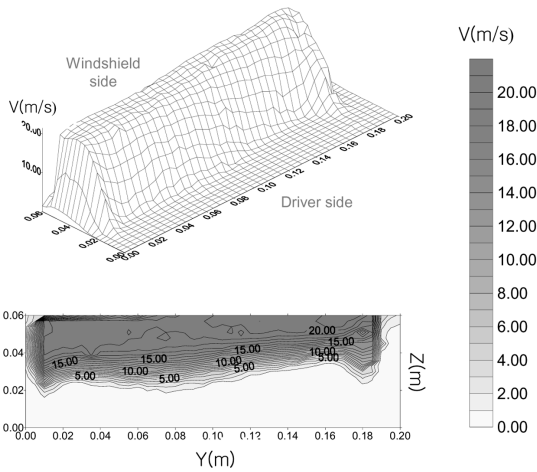


Fig. 6 Iso-velocity contours of axial velocity at outlet section of control box connecting with blower exit

서 덕트로 유입되는 유동특성은 비대칭구조이며, 이러한 비대칭구조는 덕트 내부 및 노즐 출구의 유동특성에 영향을 끼칠 것이다. 특히 수치해석적 연구에서 디프로스트 덕트 입구조건을 균일분포유동이라고 가정하고 계산을 수행할 경우 실험결과와 상당한 차이를 나타내는 요인이 될 것이다. 따라서 조절상자 출구부분에 가이드베인을 설치하여 최대 속도분포가 블로어 중심부분에 형성되도록 하는 것이 바람직하다.

3.2 디프로스트 노즐출구 유량 분포

Fig. 7은 디프로스트 노즐과 양쪽 사이드미러 쪽으로 방출되는 분류의 각 단면에 수직한 방향의 속도분포를 덕트 입구에 가이드베인이 설치된 경우와 설치되지 않은 경우에 대하여 등고선형태로 나타낸 것이다. Table 2는 운전석과 조수석의 유량분포를 알아보기 위해 Fig. 7에 나타난 각 디프로스트 노즐의 방출유량을 정량적으로 나타낸 것이다.

먼저 입구 가이드베인이 설치되지 않은 경우를 살펴보면 LH1과 RH1으로 표시된 노즐에서 상대적으로 많은 유량이 방출되고 있으며, 각 노즐 모두 노즐 베인이 설치된 근처에서 높은 속도분포가 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 LH2와 RH2로 표시된 노즐에서는 노즐 베인과 베인 사이에 공기가 전혀 방출되지 않는 부분이 존재함을 알 수 있다. 따라서 노즐 베인은 유동방향 제어뿐만 아니라 베인의 설

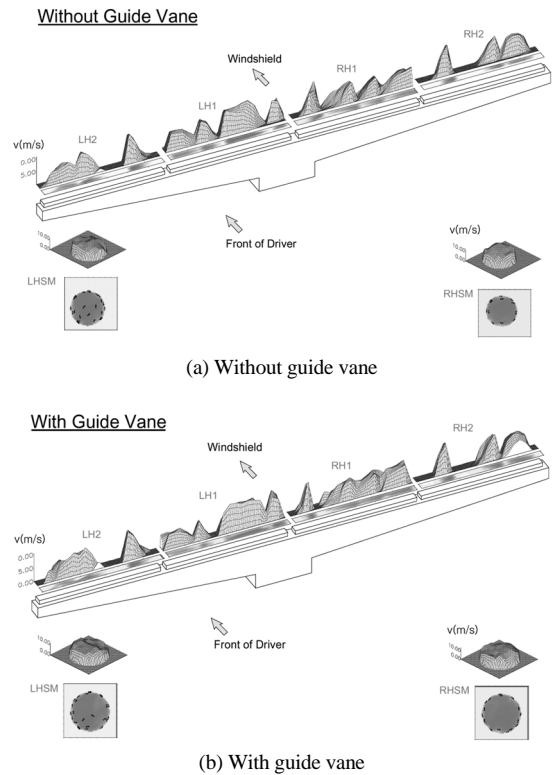


Fig. 7 Axial velocity distribution at outlet section of defroster nozzle

Table 2 Distributions of volume flowrate at defroster nozzles

Def. nozzle	W/O guide (m ³ /s)	W/O guide (%)	W-Guide (m ³ /s)	W-Guide (%)	Blower (m ³ /s)
LHSM	0.006375	9.3	0.006147	8.2	38.4
LH2	0.009685	14.2	0.009436	12.5	
LH1	0.019582	28.7	0.019471	25.9	42.3
RH1	0.015795	23.1	0.018142	24.1	
RH2	0.009264	13.6	0.013713	18.2	
RHSM	0.007497	11.0	0.008387	11.1	
LH,RH	0.054326	79.6	0.060762	80.7	
SUM	0.068190	100	0.075240	100	0.08029

치위치에 따라 유량분포에도 많은 영향을 끼칠 수 있다. 입구 가이드베인이 설치된 경우를 살펴보면, 입구 가이드베인이 없는 경우와 유사한 분포 특성을 나타내지만, RH1으로 표시된 노즐에서 노즐 베인과 베인 사이에 높은 속도분포가 존재함을 알 수 있어, 입구 가이드베인 설치로 인하여 RH1 노즐로 방출되는 유량이 증대함을 알 수 있다.

Fig. 8은 조절상자 출구유량, 입구 가이드베인이 없을 경우 각 노즐 출구유량의 합, 그리고 입구 가이드베인이 설치된 경우 각 노즐 출구유량의 합을 나타낸 것이다. 결과를 살펴보면 디프로스트 덕트가 설치되지 않아 유동저항체가 없는 조절상자 출구유량이 가장 높게 나타나고 있다. 이러한 결과는 블로어에 공급되는 입력조건을 일정하게 유지한 상태에서 실험을 수행하여 블로어 출구에 유동저항체인 디프로스트 덕트 시스템이 설치되면 블로어 출구의 전압력 중 일부분이 덕트 내부의 유동저항을 극복하는데 소모되었기 때문이다. 따라서 가능하면 작은 압력손실을 갖고 유동저항이 최소화되도록 디프로스트 덕트 시스템을 설계해야 높은 방출유량을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 입구 가이드베인이 설치된 경우와 설치되지 않은 경우를 비교해 보면 입구 가이드베인이 설치된 경우가 더 높은 유량분포를 나타내고 있다. 이것은 일반적으로 유동경로에 물체를 삽입하면 부차적 손실이 발생하여 전체적으로 유동손실 증대로 인한 유량이 감소될 것이라는 것과 상반된 결과이다.

이것은 입구 가이드베인이 설치되지 않은 경우 덕트 입구부분이 운전석과 조수석으로 갈라지는 90°의 분지관 형태로 되어 있어, 입구 가이드베인을 설치하면 유동저항이 증가하기 보다는 원활한 분지조건을 형성하여 유동저항이 상대적으로 감소하기 때문으로 판단된다. 따라서 입구 가이드베인의 최적설계는 운전석과 조수석의 균일한 유량분배와 더불어 유동저항을 감소시키는 효과가 있음을 알 수 있다.

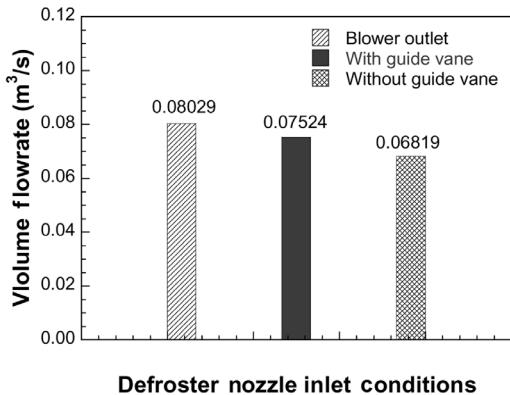


Fig. 8 Volume flowrate with defroster nozzle inlet conditions

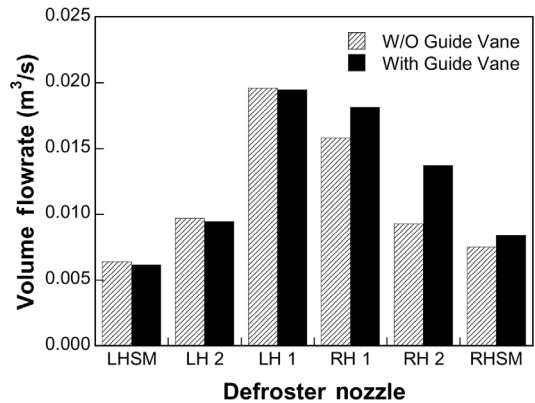


Fig. 9 Volume flowrate distribution at each defroster nozzle

Fig. 9는 디프로스트 노즐로부터 방출되는 유량을 덕트 입구 가이드베인이 있는 경우와 없는 경우에 대하여 나타낸 것이다. 먼저 입구 가이드베인이 없는 경우에 대해 살펴보면, LH1으로 가장 많은 유량이 방출되며 각 노즐 사이에 큰 차이를 나타내고 있어 유량분배 성능이 좋지 못함을 알 수 있다. 또한 운전석 쪽으로 42.9%가 그리고 조수석 쪽으로 36.7%가 방출되어 설계 조건(좌 50%, 우 50%)에 도달하지 못함을 알 수 있다. 입구 가이드베인이 설치된 경우를 살펴보면, 가이드베인이 없는 경우와 마찬가지로 덕트 입구와 가장 가까운 위치에 있는 LH1으로 가장 많은 유량이 방출되지만, 입구 가이드베인이 없는 경우와 비교해 보면 조수석 쪽의 유량분배 특성이 향상되었음을 알 수 있다.

그러나 운전석과 조수석의 유량분배 특성을 살펴보면 운전석 쪽으로 36.6%, 그리고 조수석 쪽으로 42.3%가 방출되어 입구 가이드베인이 없는 경우와 반대의 경향을 나타내고 있어 설계조건 중 하나인 운전석 쪽으로 더 많은 유량이 방출되어야 한다는 것과 일치하지 않는 결과이다.

따라서 입구 가이드베인의 설치로 인하여 유량분배특성은 다소 향상되었으나 운전석과 조수석의 유량분배특성은 더 악화되어 입구 가이드베인의 형상을 최적화하여 유량분배특성 향상과 더불어 각 노즐의 분배 특성을 향상시킬 필요성이 있음을 알 수 있다.

3.3 윈드셸드 면의 속도분포

일반적으로 윈드셸드의 제상성능의 평가는 제

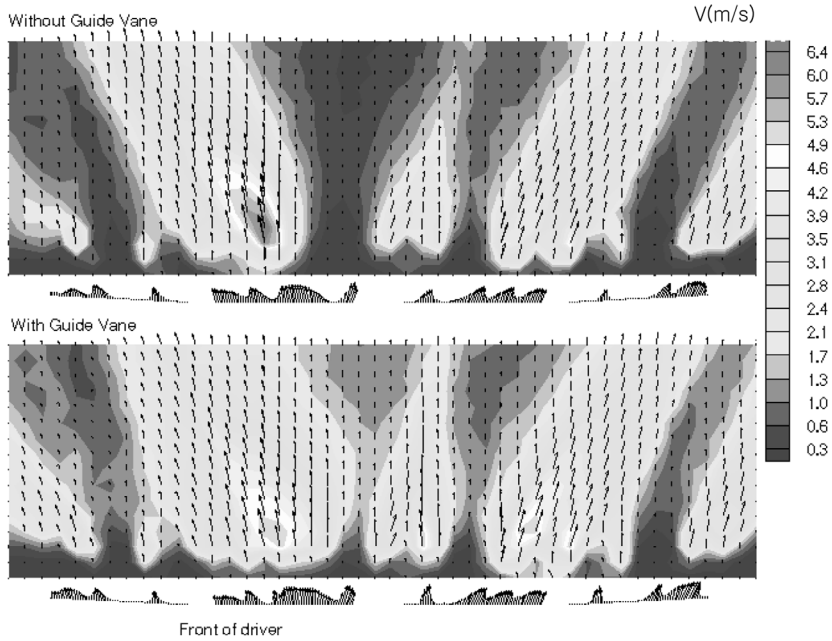


Fig. 10 Velocity distribution near the windshield interior surface

시된 규정(MVSS103)을 만족하는 환경에서 윈드 쉼드 표면에 인위적으로 형성한 성예를 제거하는 시험에 의해 이루어진다. 그러나 이러한 평가방법은 차량 개발이 거의 완성단계에 이르러서야 가능하다.

이것은 디프로스트 덕트 시스템의 설계 및 개발 단계에 이러한 평가방법을 적용하는 데에는 시제품 제작 등 많은 어려움이 따르기 때문이다. 따라서 이러한 어려움을 극복하기 위해 설계 및 개발단계에서는 윈드쉴드면의 유속분포를 측정하여 덕트설계의 적절성을 판정하게 되며, 윈드쉴드 면에서 2 m/s 이상의 속도분포가 형성되면 양호하다고 판정한다. 이것은 디프로스트 덕트의 노즐을 통해 분사된 공기가 윈드쉴드 면에 균일하게 분포됨과 동시에 유동손실을 최소화 하여 높은 속도분포를 나타내야 함을 의미하는 것이다.

Fig. 10은 디프로스트 노즐로부터 분사된 공기가 윈드쉴드에 충돌한 후 윈드쉴드 면을 따라 발달되어가는 과정을 알아보기 위하여 덕트 입구 가이드 베인이 없는 경우와 있는 경우에 대하여 윈드쉴드의 등속도분포를 각 측정점에서 속도벡터와 함께 나타낸 것이다. 이때 속도측정은 윈드쉴드면으로부

터 10 mm 떨어진 위치에서 측정되었으며, 측정에 사용된 3차원 열선유속계의 프로브 직경 4 mm를 고려하면 윈드쉴드면으로부터 8~12 mm의 평균값을 의미한다.

먼저 입구 가이드베인이 없는 경우를 살펴보면, LH1 노즐의 높은 속도로 인하여 LH1노즐에 가까운 영역에서 가장 높은 속도분포가 나타나고 있다. 또한 각 노즐과 노즐 사이에는 노즐로부터 방출된 공기가 도달하지 않는 영역이 존재함을 알 수 있다. 이것은 디프로스트 덕트의 유량분배 성능이 좋지 않아 분류의 속도가 낮기 때문이다. 덕트 입구 가이드 베인이 설치된 경우를 살펴보면, Fig. 9의 유량분포 특성에서도 알 수 있듯이 향상된 유량분배특성으로 인하여 공기가 윈드쉴드 면에 넓게 분포됨을 볼 수 있으며, 노즐과 노즐 사이에 공기가 도달하지 않는 영역이 입구 가이드베인이 없는 경우와 비교하여 많이 제거되었음을 알 수 있다. 따라서 디프로스트 덕트의 입구 가이드베인과 노즐에 설치되는 노즐 베인의 형상을 적절히 조절하면 2 m/s이상의 공기가 윈드쉴드 전체에 균일 분포하게 만들 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 아직도 LH2와 LH1사이에 그리고 RH2와 RH1사이에는 거의 영에 가까운 속도

분포를 나타내는 영역이 존재하고 있어 최적화된 형상이 요구된다. 특히 LH2와 LH1사이의 운전자의 시계 영역이므로 이 부분을 중점적으로 개선할 필요가 있다.

3.4 수정된 입구 가이드베인의 특성

Fig. 11은 가이드베인의 형상이 변경된 Case 2 및 Case 3에 대한 결과를 Fig. 8에 나타난 결과와 함께 도시한 것이다. Table 3은 운전석과 조수석의 유량 분포를 알아보기 위해 각 디프로스트 노즐의 유량을 정량적으로 나타낸 것이다.

각 형상에 따라 측정된 유량분포 결과를 살펴보면 시험이 수행된 모든 디프로스트 덕트에서 Case 1이 유량 측면에서 가장 우수하게 나타났다. 특히 LHGV #2 가이드베인이 설치되지 않은 Case 2의 경우 가이드베인이 없는 경우보다 오히려 적은 유량이 방출됨을 알 수 있다. 또한 가이드베인이 모두 설치된 경우에 해당하는 Case 3의 경우 가장 작은 유

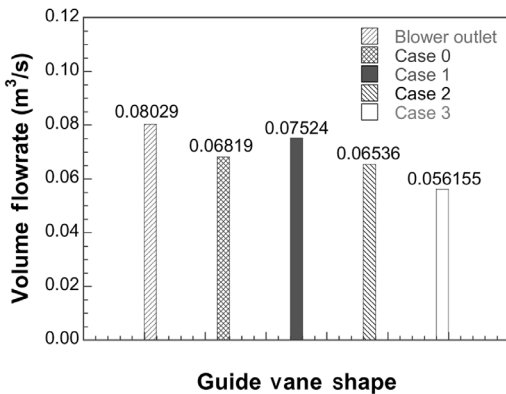


Fig. 11 Volume flowrate distribution with defrost duct

Table 3 Volume flowrate distributions of defroster nozzle

Def. nozzle	Case 2			Case 3			
	Q(m³/s)	%	%	Q(m³/s)	%	%	%
LHSM	0.0046282	7.1	7.1	0.0048409	8.6	8.6	
LH2	0.0087099	13.3	50	0.0069935	12.5	47.1	55.7
LH1	0.0240030	36.7		0.0194550	34.6		
RH1	0.0146690	22.4	35.4	0.0110580	19.7	34.0	
RH2	0.0084803	13.0	42.9	0.0080421	14.3		44.3
RHSM	0.0048714	7.5	7.5	0.0057658	10.3	10.3	
LH,RH	0.0558620		85.5	0.0455480		81.1	
SUM	0.0653620		100	0.056155		100	

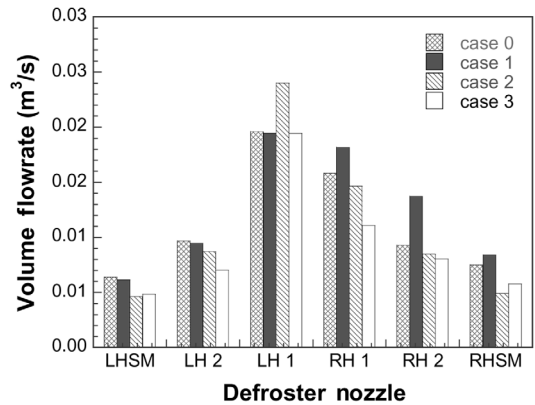


Fig. 12 Volume flowrate distribution with defroster nozzle

량이 방출되고 있다. 이것은 가이드베인이 유동손실을 최소화 하는 안내 및 역할과 운전석과 조수석의 적절한 유동분배라는 두 가지 목적을 동시에 달성하기 위해서는 디프로스트 덕트 시스템의 요구조건을 만족하는 최적설계가 이루어져야 함을 의미한다. 따라서 가능하면 가이드베인이 없을 때와 유사한 유량을 나타내거나 또는 더 많은 유량을 방출하면서 유량분배 기능을 갖는 가이드베인을 설계하는 것이 적절한 절충점이 될 수 있을 것이다.

Fig. 12는 디프로스트 노즐로부터 방출되는 유량을 Case 0~3에 대해 나타낸 것이다. 윈드셴드에 직접적인 영향을 끼치는 LH2, LH1, RH1, RH2 노즐로 방출되는 유량만을 고려할 경우 Case 2가 가장 우수하게 나타났다. Case 1과 Case 3의 비교로부터, 유량 측면에서는 RHGV #1이 없는 것이 유리함을 알 수 있다. 또한 Case 1과 Case 2의 비교로부터 유량 측면에서는 LHGV #1이 없는 것이 유리하며, LH1 노즐의 유량분포 측면에서도 LHGV #1의 효과가 뚜렷하게 나타나지 않는다. LHGV #1의 역할은 LH1 노즐의 첫번째 베인이 수행하는 것으로 판단되므로 제거하는 것이 유리함을 알 수 있다. 그러나 가이드베인이 모두 설치된 Case 3의 경우 각 디프로스트 노즐의 유량분배특성이 가장 양호하게 나타나고 있어 가이드베인의 개수가 많을수록 세밀한 유량제어에 유리함을 알 수 있다. 한편, 윈드셴드 제상 성능에 가장 큰 영향을 끼치는 운전석과 조수석의 유량분배 특성을 살펴보면 Case 2의 경우가 50% 정도를 운전석 쪽을 방출하고 있어 운전석 쪽으로 더 많은 유

량이 방출되어야 하는 설계 조건에 가장 부합하는 결과를 나타내고 있다.

이상의 결과로부터 Case 1으로 정의된 입구 가이드베인의 형상은 시험이 수행된 4가지 디프로스트 덕트 중 유량 측면에서 가장 양호한 특성을 나타냈다. 그러나 Case 1의 개선점으로 지적된 RH1 노즐의 유량증가와 유량분포성능 향상을 위해서는 비록 약간의 유량이 감소되지만 Case 3로 정의된 입구 가이드베인이 가장 양호한 유량분배성능을 나타냈으며, 운전석과 조수석의 유량분배 측면에서도 가장 양호하게 나타났다.

4. 결론

상용차에 적용되는 디프로스트 덕트의 입구 가이드베인 형상 및 설치위치 변화가 디프로스트 노즐로 방출되는 유량분배특성에 미치는 영향이 유동형태 가시화를 포함하는 실험적 방법을 이용하여 조사되었다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

디프로스트 덕트 입구 가이드베인의 최적설계는 운전석과 조수석의 양호한 유량분배와 더불어 유동저항을 감소시키는 효과가 있음을 알 수 있었다. 그러나 디프로스트 노즐로 방출되는 유량과 유동방향의 보다 세밀한 제어를 위해 가이드베인의 개수를 증가시키면 유량분배 특성은 다소 향상되지만 추가적인 유동손실을 동반하여 전체 방출유량이 감소하게 된다. 따라서 가이드베인이 운전석과 조수석 및 각 노즐로 균일한 유동분배 역할과 더불어 유동손실을 최소화 하는 두 가지 목적을 동시에 달성하기 위해서는 주어진 디프로스트 덕트 시스템에 최적화된 가이드베인을 설계하는 것이 중요함을 알 수 있었다. 특히 가이드베인이 없을 때보다 많거나 또는 유사한 방출유량을 나타내면서 유량분배 기능을 갖는 가이드베인을 설계하는 것이 최종 설계목표로 제시될 수 있을 것이다.

최적화된 디프로스트 덕트 시스템의 설계는 본 연구에서 조사된 입구 가이드베인에 의한 영향 이외에 디프로스트 노즐 분류의 충돌각 및 노즐의 형상 등에 많은 영향을 받으므로 향후 이에 대한 연구

가 체계적으로 수행되어야 할 것이다.

References

- 1) SAE Standards, Surface Vehicle Recommended Practice, No. J902.
- 2) SAE Standards, Surface Vehicle Recommended Practice, No. J381.
- 3) SAE Standards, Surface Vehicle Recommended Practice, No. J382.
- 4) N. G. Hur and W. K. Cho, "3-D Numerical Simulation of Flow Inside a Passenger Compartment of a Model Vehicle for Heating, Air-Conditioning and Defrosting Modes," Transactions of KSAE, Vol.1, No.2, pp.60-68, 1993.
- 5) W. G. Park, M. S. Park and K. L. Jang, "Flow and Temperature Analysis within Automobile Cabin Discharged Hot Air From Defrost Nozzle," Int. J. Automotive Technology, Vol.7, No.2, pp.139-143, 2006.
- 6) S. H. Kang, J. H. Lee and J. S. Byun, "3D Unsteady Numerical Analysis to Design Defrosting System of Automotive Windshield Glass," Transactions of KSAE, Vol.15, No.5, pp.1-8, 2007.
- 7) I. H. Bae, K. T. Kang, J. E. Hwang, W. G. Park and K. Y. Jang, "Numerical Study of the Design Factor for Flow Analysis of Automotive Defrost Nozzle," Spring Conference Proceedings, KSAE, pp.578-583, 2001.
- 8) T. Komoriya, T. Kobayashi and N. Taniguchi, "Numerical Simulation of the Flow in a Vehicle Passenger Compartment using General Co-ordinate System with Finite Volume Method," JSAE 902265, 1990.
- 9) J. G. Lee, Y. Jiang, A. J. Przekwas and M. Sioshansi, "Automotive Windshield Ice-Clearing Analysis," SAE 930289, 1993.
- 10) B. S. AbdulNour, "Hot-Wire Velocity Measurements of Defroster and Windshield Flow," SAE 970109, 1997.